

Predicción de variables meteorológicas para el sector agrario

Francisco Martín León

fmartinl@aemet.es

AEMET



Jornada sobre “Servicios meteorológicos y climáticos para el sector agrario”

Madrid, 30 de mayo de 2013. SSCC-AEMET

Índice

- Generalidades
- Variables meteorológicas y fenómenos asociados
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP
- Ejemplos de salidas numéricas y productos experimentales: rayos y granizo
- Conclusiones

Índice

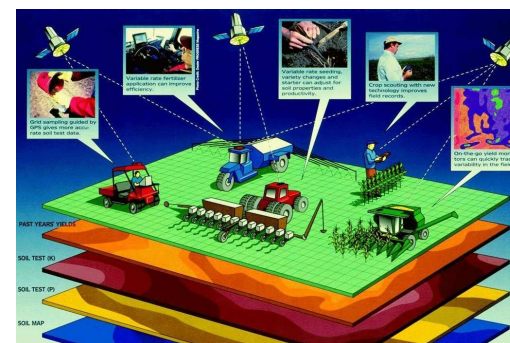
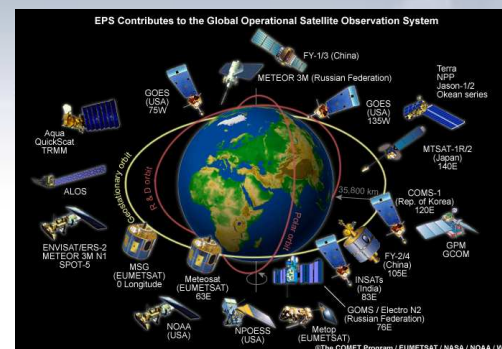
- **Generalidades**
- Variables meteorológicas y fenómenos asociados
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP
- Ejemplos de salidas numéricas y productos experimentales: rayos y granizo
- Conclusiones

- Protección de vidas y propiedades
- Proteger y salvaguardar el medioambiente
- Desarrollo sostenible
- Aplicaciones relacionadas con el tiempo para la toma de decisiones:
 - Decisiones operativas de pocas horas a varios días.
 - Decisiones, que basadas en el estado del tiempo observado y previsto, están relacionadas con el estado de las cosechas, riego, lucha contra incendio y plagas, etc.

Agricultura y Meteorología: temas relacionados

1. Observación de variables agrometeorológicas
2. Análisis y tratamiento de los datos
3. Teledetección remota y aplicaciones GIS
4. Predicción del tiempo (y clima) para la Agricultura: modelos numéricos de predicción
5. Predicciones específicas agrometeorológicas
6. Valoración del riesgo del tiempo y clima para desastres
7. Preparación y planificación
8. Efectos del Cambio Climático en la Agricultura
9. Aplicaciones de la meteorología/clima y agrometeorología para:
 - Cultivos
 - Bosques y recursos arbóreos de montaña
 - Producción animal
 - Pesca y acuicultura
 - Desertificación
 - Aerobiología
 - Recursos climáticos en regiones de montaña
10. Comunicación de la información agrometeorológica: predicciones y decisiones

Fuente: www.wmo.int/agm Agricultural Meteorology Programme (AGMP) OMM

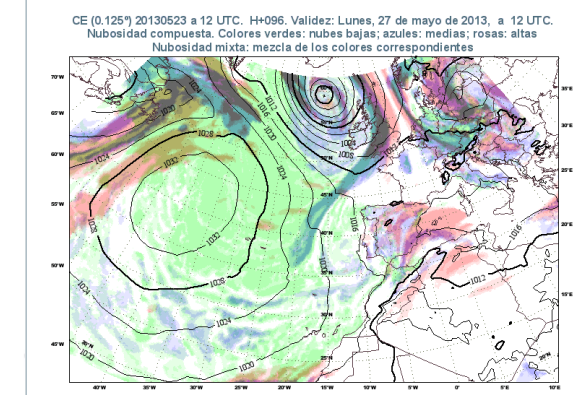
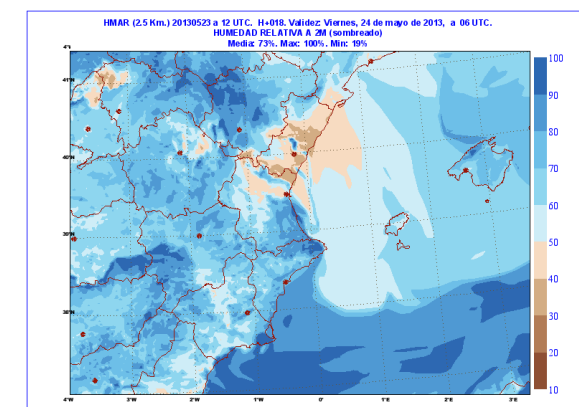


Índice

- Generalidades
- **Variables meteorológicas y fenómenos asociados**
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP
- Ejemplos de salidas numéricas y productos experimentales: rayos y granizo
- Conclusiones

Variables meteorológicas y fenómenos asociados

- **Temperaturas:**
 - Tmax y Tmin (heladas)
 - Olas de calor y de frío: persistencia, temporalidad (heladas y nevadas tardías)
- **Precipitación: inundaciones**
 - Tipo: lluvia, granizo, nieve, ..
 - Características: inicio, intensidad, duración y ubicación
- **Viento: rachas intensas**
- **Humedad**
- **Presión a nivel de superficie y a nivel del mar, radiación neta**
- **Tormentas secas: rayos**
- **Tipo de nubosidad**
- **Tormentas de polvo**
- **Condiciones extremas relacionadas con sequías, incendios, etc.**



Índice

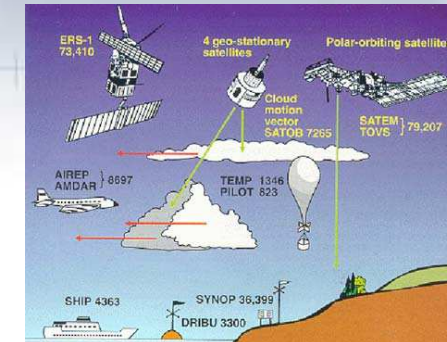
- Generalidades
- Variables meteorológicas y fenómenos asociados
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP
- Ejemplos de salidas numéricas: productos experimentales
- Conclusiones

Modelos numéricos de predicción, MNP, - I

Los MNP tratan de simular y predecir el comportamiento de la atmósfera y de sus variables meteorológicas: herramientas muy importantes pero NO son perfectas

Los MNP parten de:

- Unas condiciones iniciales observadas (no perfectas), y
- Conocimiento actual de las ecuaciones de la dinámica de la atmósfera, que se pueden resolver:
 - Explícitamente
 - “Groseramente”: parametrizaciones (convección, etc.)



Aspectos fundamentales de la predicción:

1. Ecuaciones primitivas (sin filtrar): conservación del momento, energía y masa y ecuación de estado (Tema 2).

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\alpha \nabla p - \nabla \phi + \vec{F} - 2\vec{\Omega} \times \vec{v} \quad (1)$$

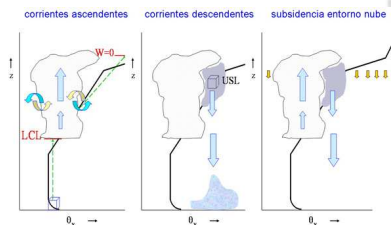
$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\nabla \cdot (\rho \vec{v}) \quad (2)$$

$$p\alpha = RT \quad (3)$$

$$Q = C_p \frac{dT}{dt} - \alpha \frac{dp}{dt} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho q}{\partial t} = -\nabla \cdot (\rho \vec{v} q) + \rho(E - C) \quad (5)$$

Siete ecuaciones con siete incógnitas ($\vec{v} = (u, v, w)$, T , p , ρ , q ($\delta \alpha^{-1}$), q)



Schematic for Global Atmospheric Model

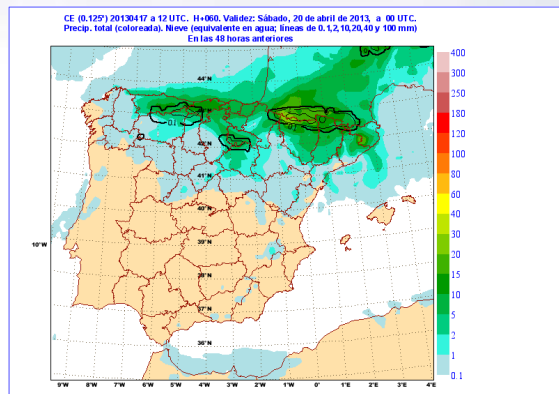
Horizontal Grid (Latitude-Longitude)

Vertical Grid (Height or Pressure)



- Los MNP son herramientas fundamentales y muy utilizadas pero poseen unas fuentes de error debido a que:
 - No conocemos el estado exacto de partida o inicial de la atmosfera
 - Las ecuaciones de la dinámica atmosférica se resuelven por métodos numéricos no perfectos
 - Las parametrizaciones: aproximaciones groseras a problemas complejos que no se pueden obviar
- Aún más, la atmósfera es un sistema intrínsecamente caótico: incertidumbre y validez de la predicción.

Herramientas básicas: Modelos numéricos de predicción



MNP-AEMET

**Salidas directas de
modelos numéricos**



Usuario final

**Salidas adaptadas a sus
necesidades**

**Salidas específicas y aplicaciones a
medida: tratamiento estadístico**

**Modelos específicos de cosechas,
plagas, trayectorias, irrigación, etc.**



Los MNP atmosféricos son una herramienta fundamental dentro del proceso de predicción y en la toma de decisiones: incertidumbres

Clasificación básica de MNP

- **Según el área de predicción (resolución espacial)**
 - Globales (30-16 km)
 - Área limitada (15- 10 km)
 - Locales (5- 2,5km)
- **Por la cuantificación de la incertidumbre**
 - **Determinista:** un único escenario de evolución, no cuantifica la incertidumbre. ¿Lloverá en la Campiña de Sevilla?: SI o NO
 - **Probabilistas:** varios escenarios de evolución, cuantificación de la incertidumbre: ¿Lloverá en la Campiña de Sevilla?: 80% SI, 20% NO
- **Rangos temporales**
 - Medio plazo (D+0,..... D+10/15)
 - Corto plazo (D+0,.. D+3)
 - Muy corto plazo (H+0,... H+36)

Incertidumbre y cuantificación: Modelo conceptual de tiro con arco (A. Mestre)

De lejos



No existe el arquero, ni el arco, ni el entorno perfecto.

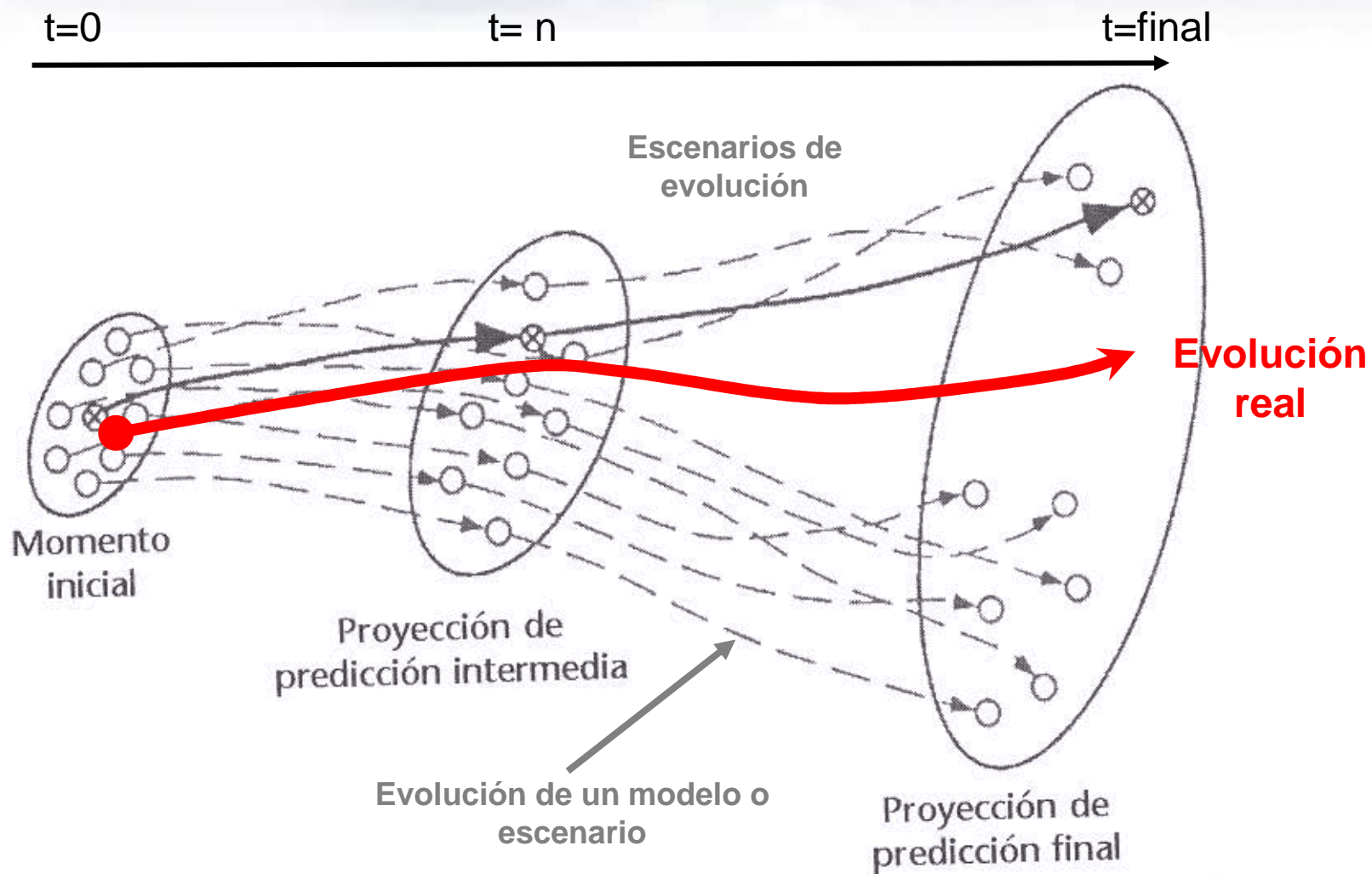
Un buen arquero tenderá a distribuir sus flechas cerca de la diana (función de distribución)

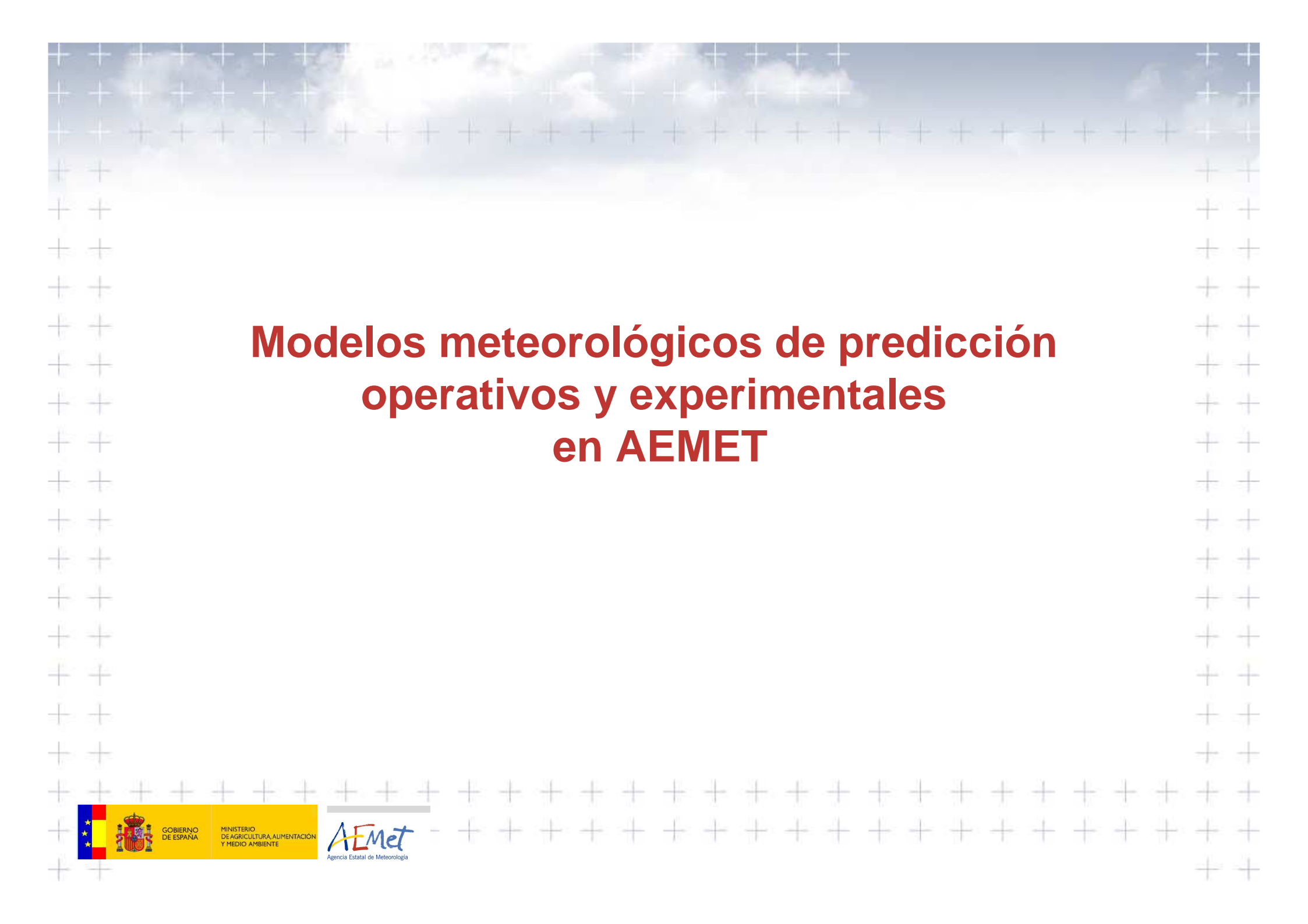
Siempre me queda un grado de incertidumbre de acertar, que bajará si me aproximo a la diana, pero...

De cerca



Incertidumbre y pronósticos: evolución determinista y escenarios de evolución





Modelos meteorológicos de predicción operativos y experimentales en AEMET



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

AEMet
Agencia Estatal de Meteorología

- DETERMINISTAS (un escenario)**

MODELO	RESOL. ESPA/TEMP	PASADAS	ALCANCE
CEPMP GLOBAL	16 KM/3-6h	00 y 12	D+10
HIRLAM-0,16	16 KM/3-6h	00,06,12 y 18	D+3
HIRLAM-0,05	5 KM/1h	00,06,12 y 18	H+36
HARMONIE Experim.	2,5 KM/1h	00,06,12 y 18	H+36

- PROBABILISTAS (varios escenarios)**

MODELO	RESOL. MIEMBROS	PASADAS	ALCANCE
EPS GLOBAL	32 KM 51	00 y 12	D+15
SREPS	25 KM 20	00,06,12 y 18	D+3
GLAMEPS Experim.	10 KM 54	00, 06,12 y 18	H+54

Modelos del CEPMP/ECMWF

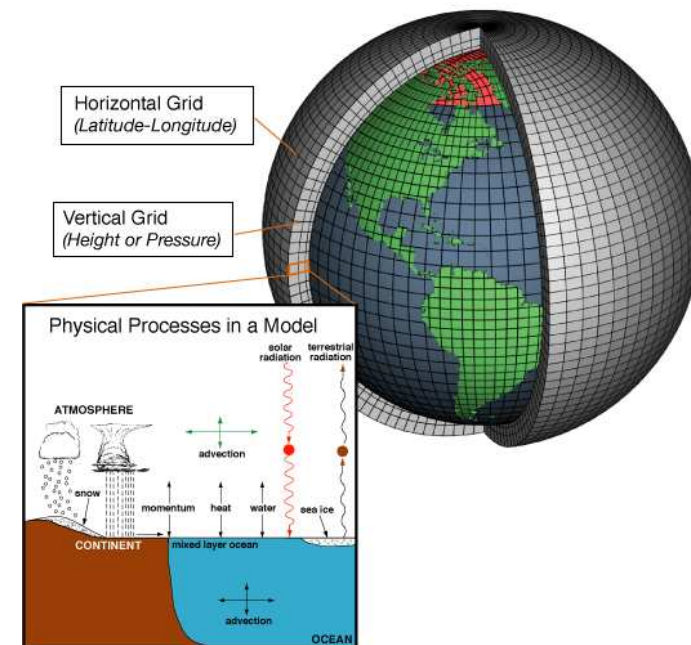
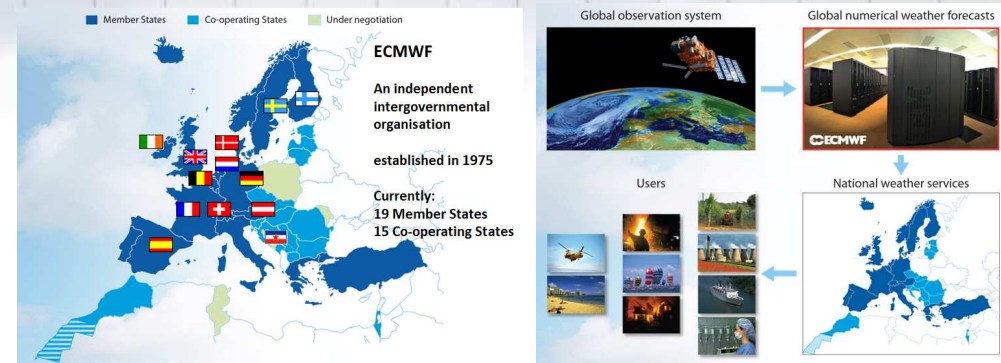
El mejor centro de predicción del mundo formado por un consorcio de SMN de Europa

Gran capacidad de cálculo y almacenamiento

Mejor sistema de asimilación de datos de observación a nivel operativo

Diferentes tipos de modelos globales y regionales

RESULTADO. Los mejores modelos del mundo a nivel global: verificaciones



19

HIRLAM - AEMET

- Modelo del consorcio HIRLAM
- Determinista de 40 niveles en la vertical
- Dos versiones de punto de rejilla: 16 km (un área) y de 5 km (dos áreas)
- HIRLAM es un modelo de área limitada de puntos de rejilla.
- Dispone de esquemas de parametrizaciones físicas modernos para los principales fenómenos atmosféricos de mesoescala (convección, radiación, turbulencia, microfísica de nubes, etc.).
- Como esquema de asimilación de datos tiene disponible esquemas variacionales en 3 o 4 dimensiones (3DVAR, 4DVAR) y con estos esquemas puede asimilar tanto observaciones convencionales como de satélite (AMV, ATOVS, etc).
- Usa las condiciones de contornos suministradas por el CEP (Centro Europeo) y del propio HIRLAM

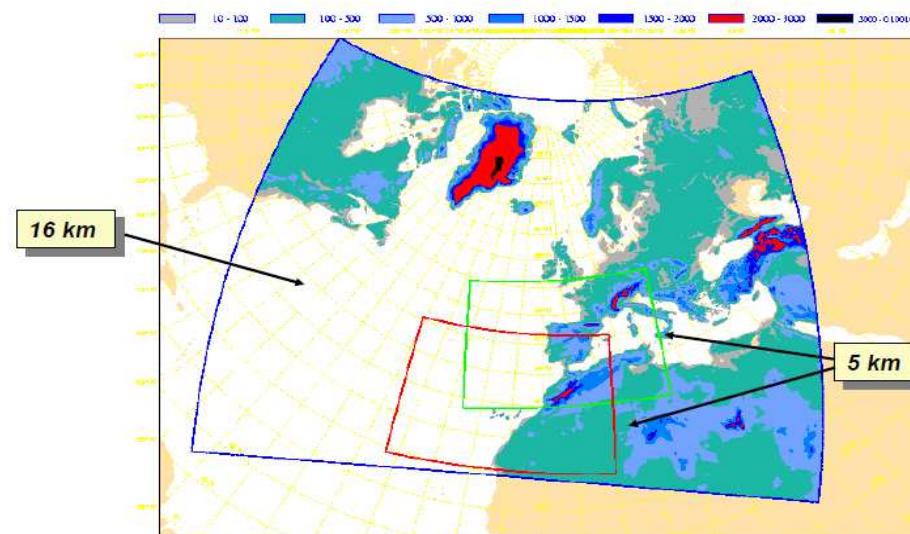
Versión HIRLAM 7.2

HIRLAM0.16° y HIRLAM0.05°

Ciclos: 00, 06, 12, 18 hasta H+72/36 h

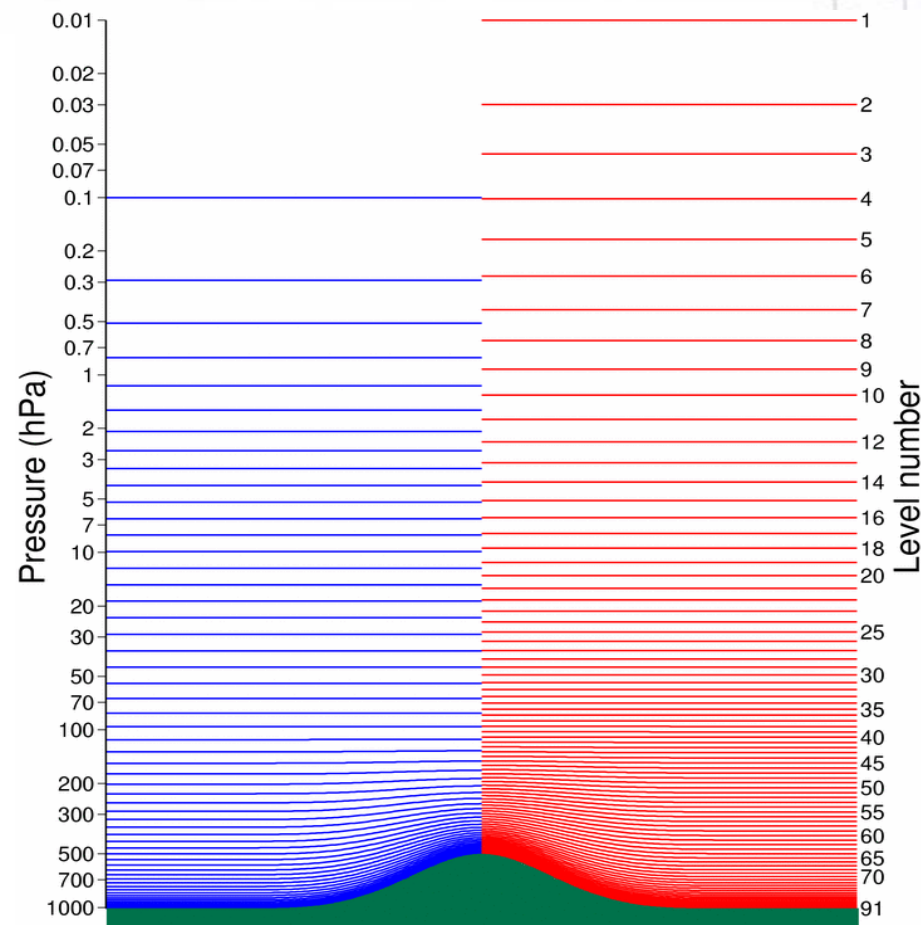
Salidas cada 1h de ciertas variables

Dominios HIRLAM operativos



HIRLAM:

- 0.16° (ONR), pronósticos hasta H+72
- 0.05° Península/Baleares (HNR) e Islas Canarias (CNN), pronósticos hasta H+36
- 40 niveles verticales (mayor resolución en la capa límite planetaria, CLP)
- Pasadas 00, 06, 12 & 18 UTC



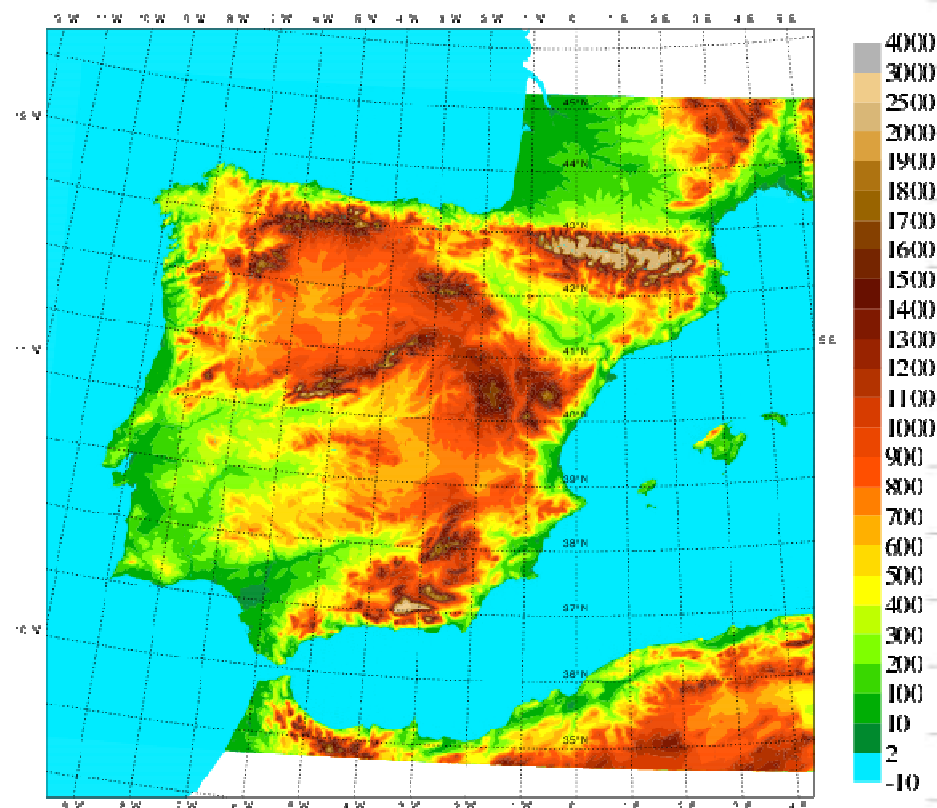
Física adaptada del modelo de investigación de Meteo-France Meso-NH

- $\Delta x = 2.5$ km, 65 niveles
- Sin parametrización convección profunda
 - No hay salida de precipitación ni nubes convectivas
- Convección somera: Esquemas unificados convección-turbulencia (EDMFM)
- Sólo análisis de superficie (IO)
- Blending: Campos en altura de la condición de contorno (CE H+6)
 - No hemos visto una clara ventaja haciendo 3DVar en altura si sólo utilizamos obs. conveccionales.
- Anidamiento directo en el modelo del CEP (16 km \rightarrow 2.5 km)

Ciclos: 00, 06, 12, 18

H+00H+36

Variables cada 1h



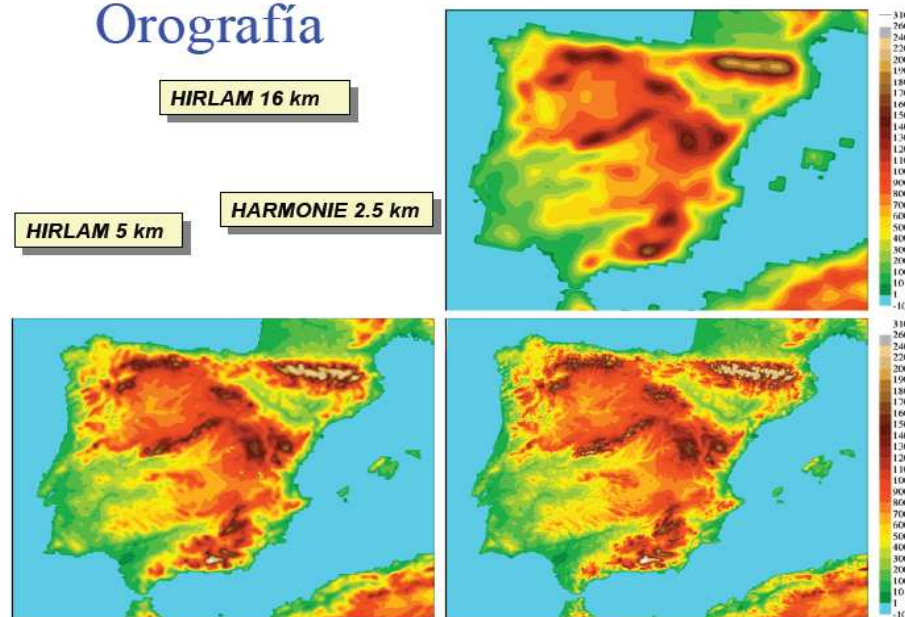
Modelo atmosférico operativo HIRLAM

- Hidrostático, determinista
- Dos versiones: HIRLAM 0.16° (sinóptica 16 km) y HIRLAM 0.05° (local 5km)
- Áreas: Sinópticas, más Península/Baleares y Canarias
- Pasadas: 00, 06, 12 y 18 h
- Alcances: H+36 (HIRLAM 0.05) y H+72 (HIRLAM 0.16), salidas cada 1-3 h

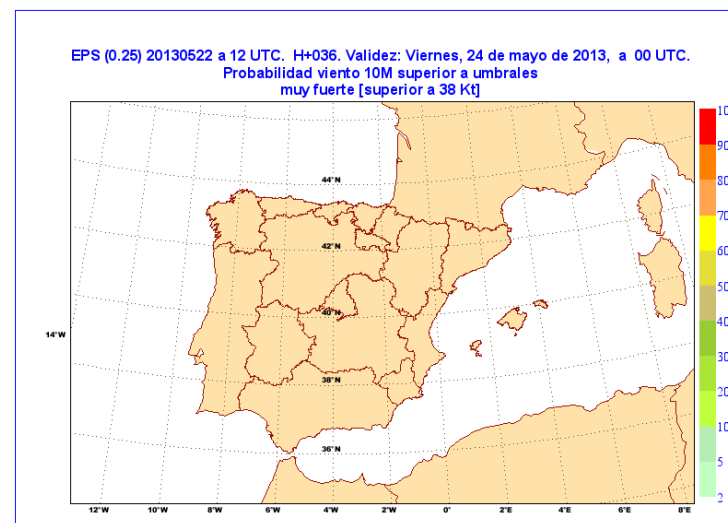
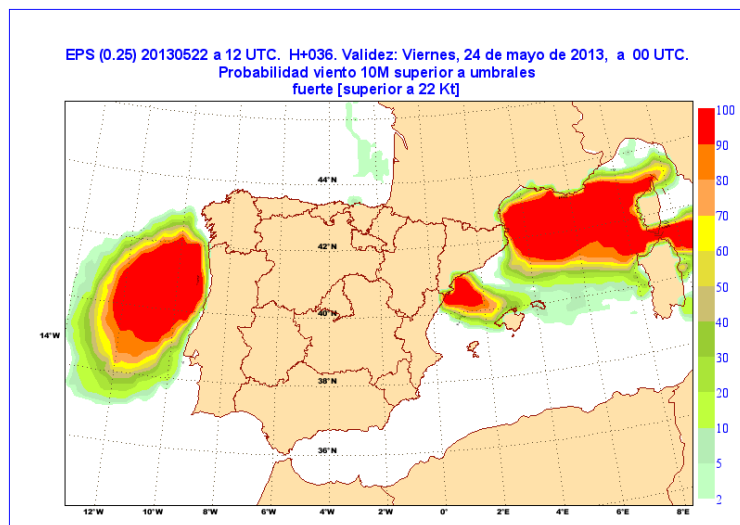
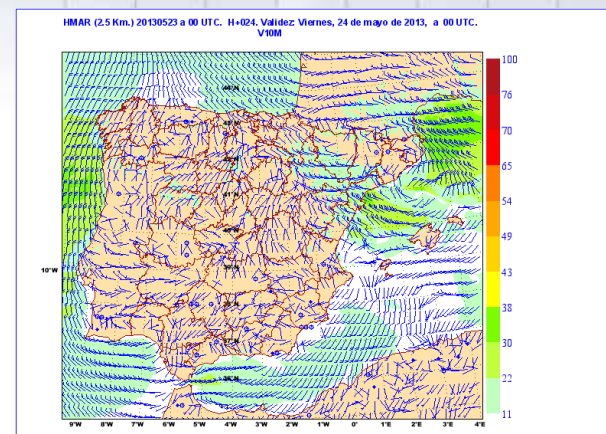
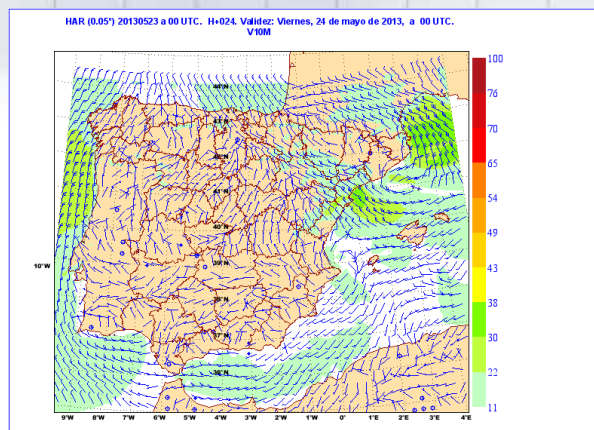
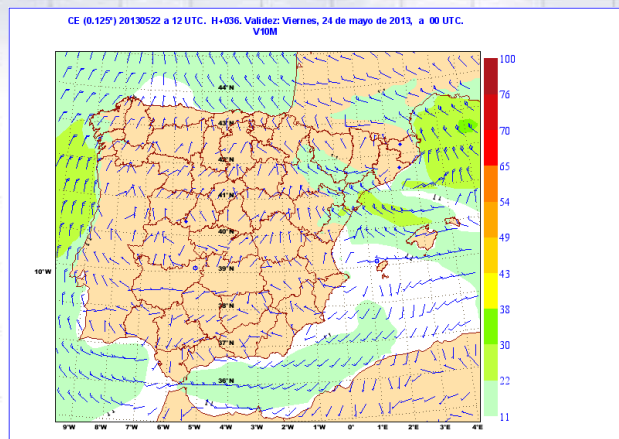
Futuro: el modelo HARMONIE

- No hidrostático, determinista, experimental
- Una versión: HARMONIE 0.025°
- Área: Península/Baleares y Canarias
- Pasadas: 00, 06, 12 y 18 h
- Alcance: H+36, salidas cada 1 h

Orografía



Ejemplos: salidas de viento/rachas determinista y probabilista



Índice

- Generalidades
- Variables meteorológicas y fenómenos asociados
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- **La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP**
- Ejemplos de salidas numéricas y productos experimentales: rayos y granizo
- Conclusiones

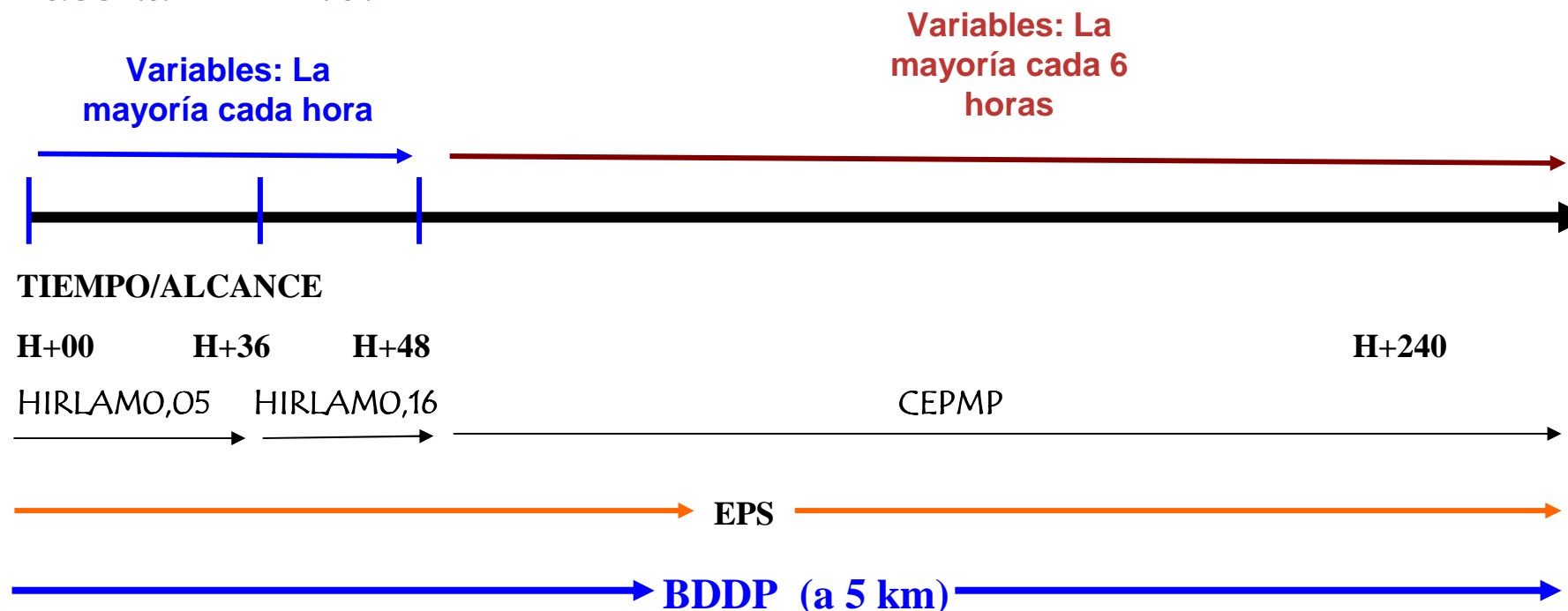
LA BASE DE DATOS DIGITAL DE PREDICCIÓN, BDDP

La BDDP es la predicción básica y fundamental de AEMET para usuarios externos formada por un conjunto de variables meteorológicas de superficie en formato originario GRIB y potencialmente modificable por el predictor

La BDDP: Base de Datos Digital de Predicción

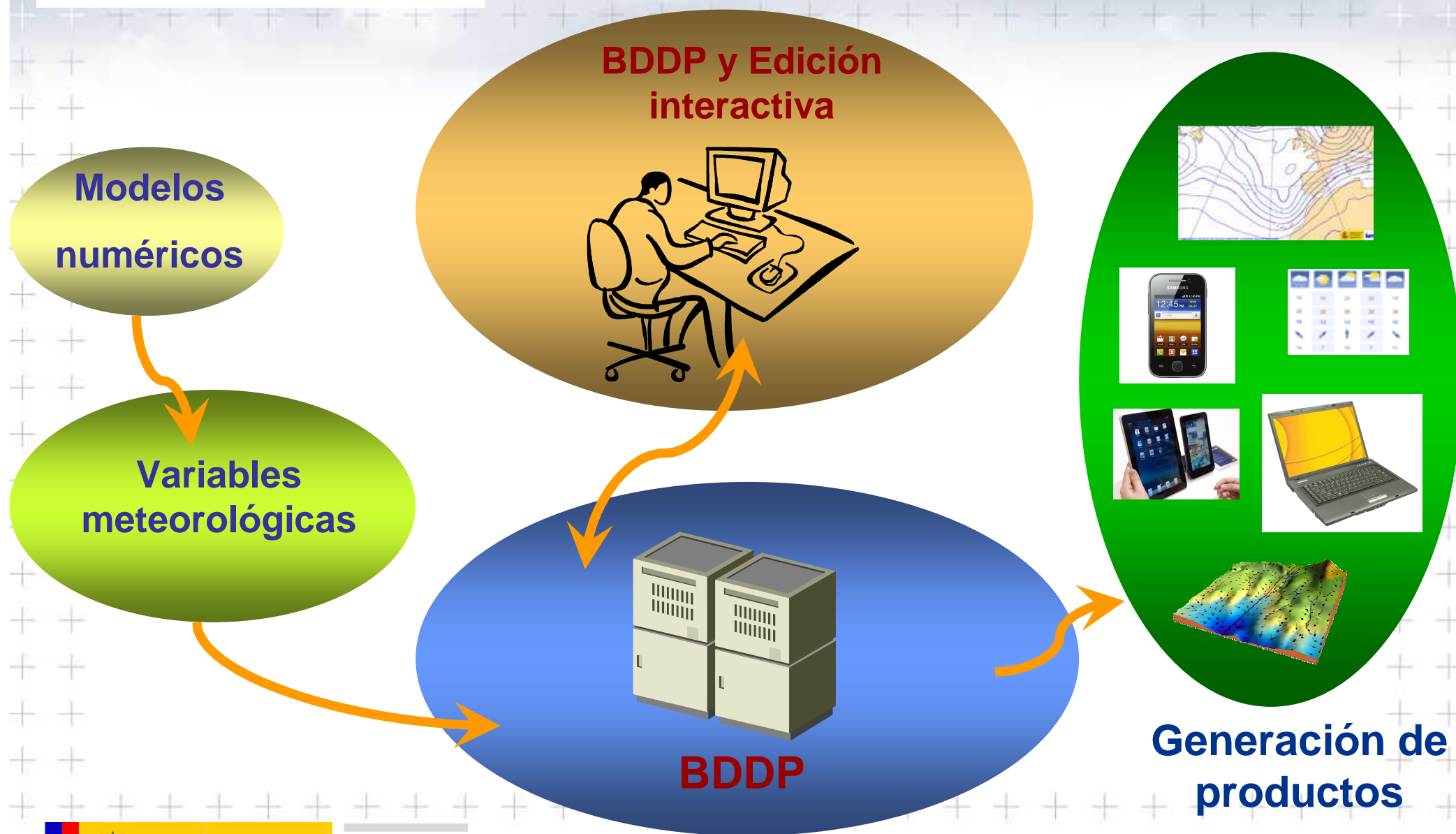
¿Y si para obtener solo las variables meteorológicas previstas cogemos el mejor modelo para cada rango de predicción e introducimos incertidumbres?

Así nace la BDDP2.0:



Objetivos.- Disponer de UNA base digital de predicción (grib) potencialmente modificable por el predictor y que sirva para **generar automáticamente la gran mayoría** y los **MEJORES productos básicos** de variables sensibles de superficie.

Esquema de la BDDP



Variables meteorológicas de la BBDP 2.0

Presión al nivel del mar

Altura de geopotencial

Temperatura a 2 m

Temperatura a 850 hPa

Temperatura máxima

Temperatura mínima

Visibilidad húmeda

Dirección del viento a 10 m

Fuerza del viento a 10 m

Componente u del viento a 10 m

Componente v del viento a 10 m

Humedad relativa a 2 m

Humedad relativa máxima a 2 m

Humedad relativa mínima a 2 m

Intensidad de precipitación

Cota potencial de nieve

Visibilidad seca

Temperatura aparente

Temperatura aparente máxima

Temperatura aparente mínima

Índice total de totales

Rachas de viento a 10 m

Probabilidad de tormenta

Probabilidad máxima de tormenta

Precipitación total

Precipitación convectiva

Cantidad de nieve

Nubosidad total

Nubosidad en el nivel más bajo

Nubosidad baja

Nubosidad media

Nubosidad alta

Índice de Calor (Heat Index)

Índice de calor máximo

Índice de Frío (Windchill)

Índice de frío mínimo

Tipo de precipitación (RA, SH, SN)

Altura significativa

Dirección de la mar media

Periodo de pico espectro unidimensional

Periodo de la mar media

Altura significativa mar de viento

Dirección media de la mar de viento

Altura significativa mar de fondo total

Dirección media mar de fondo total

Probabilidad de precipitación > 0 mm

Probabilidad de precipitación > 2 mm

Probabilidad de precipitación > 5 mm

Probabilidad de precipitación > 10 mm

Probabilidad de precipitación > 20 mm

Probabilidad de precipitación > 30 mm

Probabilidad de precipitación > 40 mm

Probabilidad de precipitación > 80 mm

Probabilidad de nieve > 0 mm

Probabilidad de nieve > 2 mm

Probabilidad de nieve > 5 mm

Probabilidad de nieve > 10 mm

Probabilidad de nieve > 20 mm

Probabilidad de nieve > 30 mm

Probabilidad de nieve > 40 mm

Probabilidad de nieve > 80 mm

BDDP2.0 Operativa

BDDP3.0 en desarrollo:

Más variables

probabilistas

relacionadas con temp.

extremas y rachas

En fase de definición

- **Determinista**
 - SST, temperatura del agua del mar
 - Calima/visibilidad seca
 - UVI
 - Presión a nivel de superficie
 - Estado del tiempo
- **Probabilista**
 - Temperaturas máximas y mínimas
 - Viento y rachas

Variables agrometeorológicas y BDDP

Heladas	Tmax, Tmin, duración, superación de umbrales	Probabilidades de superación de umbrales.
Lluvias intensas/inundaciones	Precipitación, tipo intensidad, ¿dónde cuándo y cómo?: lluvia, nieve y convectiva	Prob. de superación de umbrales, acumulaciones a 24, 48 y 72 h Prob. de tormentas
Granizo/rayos	Precipitación sólida/incendios	Mal resuelta por los modelos. Primeras experiencias con modelo HARMONIE 2.5 km
Viento	Rachas, intensidad, rafagosidad, superación de umbrales	<i>Prob. de superación de umbrales.</i> <i>Rachas máximas diarias, por periodos, etc. (*)</i>
Humedad relativa en capas bajas/Evapotranspiración	HR max y HR min, superación de umbrales y periodos	
Episodios de calor/frío Insolación		
Incendios		
Presión en superficie y nivel del mar		

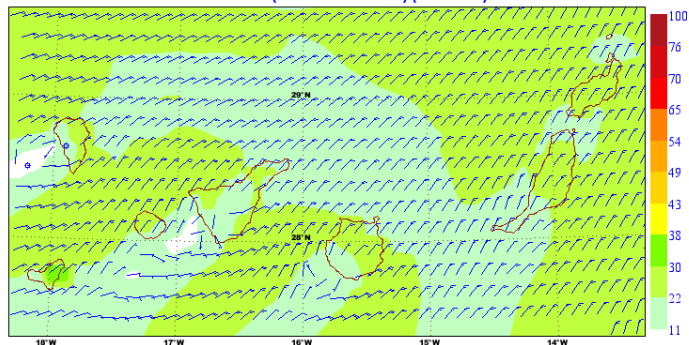
* **BDDP 3.0**

BDDP: Ejemplos gráficos

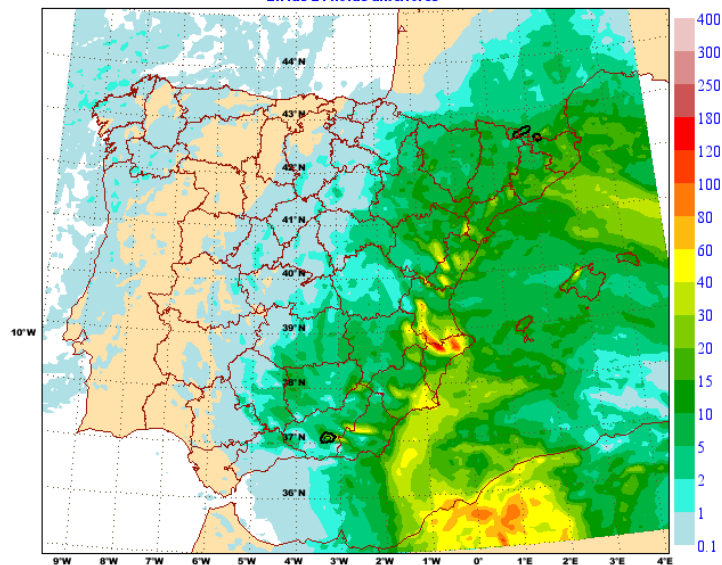
Áreas

- Península/Baleares
- Canarias

BDDP (0.05°) 20130424 a 12 UTC. H+096. Validez: Domingo, 28 de abril de 2013, a 12 UTC.
V10M (barbas e isotacas de 11, 22, 38 y 65 Kt)
RACHAS A 10 M (máxima en 6 h. ant.) (coloreado)



BDDP (0.05°) 20130424 a 12 UTC. H+036. Validez: Viernes, 26 de abril de 2013, a 00 UTC.
Precip. total (coloreada). Nieve (equivalente en agua; líneas de 0, 1, 2, 10, 20, 40 y 100 mm)
En las 24 horas anteriores



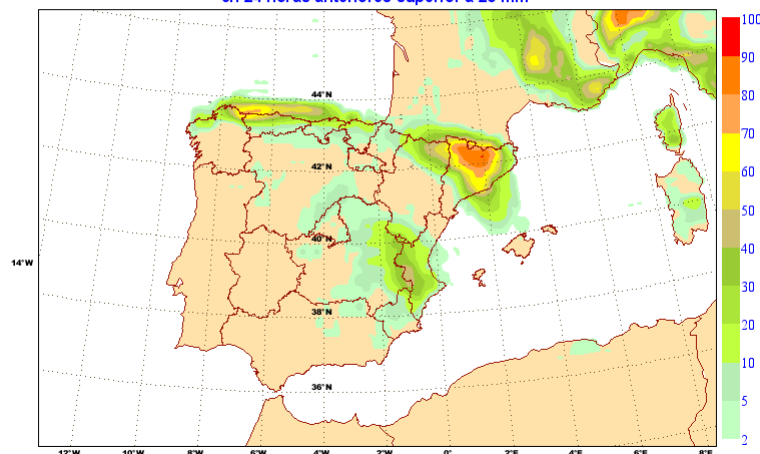
Índice

- Generalidades
- Variables meteorológicas y fenómenos asociados
- Modelos numéricos de predicción atmosférica en AEMET
 - *Predicciones deterministas*
 - *Predicciones probabilistas*
- La Base de Datos Digital de Predicción, BDDP
- **Ejemplos de salidas numéricas y productos experimentales: rayos y granizo**
- Conclusiones

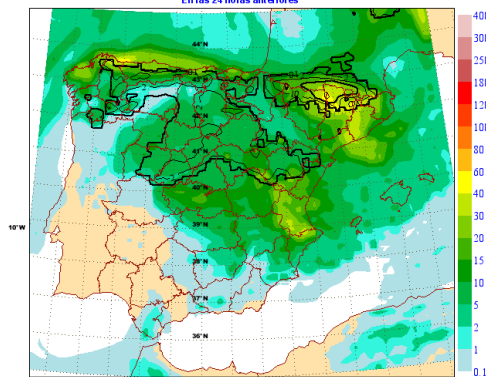
Precipitación

- Tipo: lluvia y nieve
- Predicción: determinista y probabilista
- Acumulada o instantánea

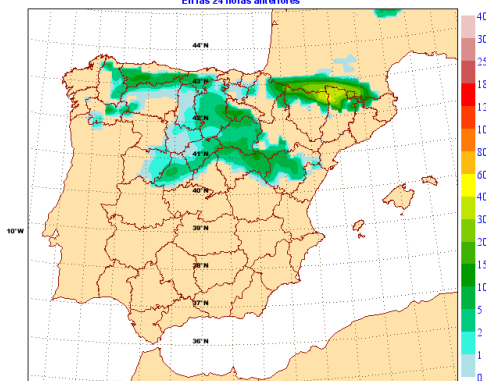
EPS (0.25) 20130424 a 12 UTC. H+084. Validez: Domingo, 28 de abril de 2013, a 00 UTC.
Probabilidad precipitación total acumulada
en 24 horas anteriores superior a 20 mm



BDDP (0.05) 20130424 a 12 UTC. H+084. Validez: Domingo, 28 de abril de 2013, a 00 UTC.
Precip. total (coloreada). Nieve (equivalente en agua; líneas de 0, 1, 2, 10, 20, 40 y 100 mm)
En las 24 horas anteriores

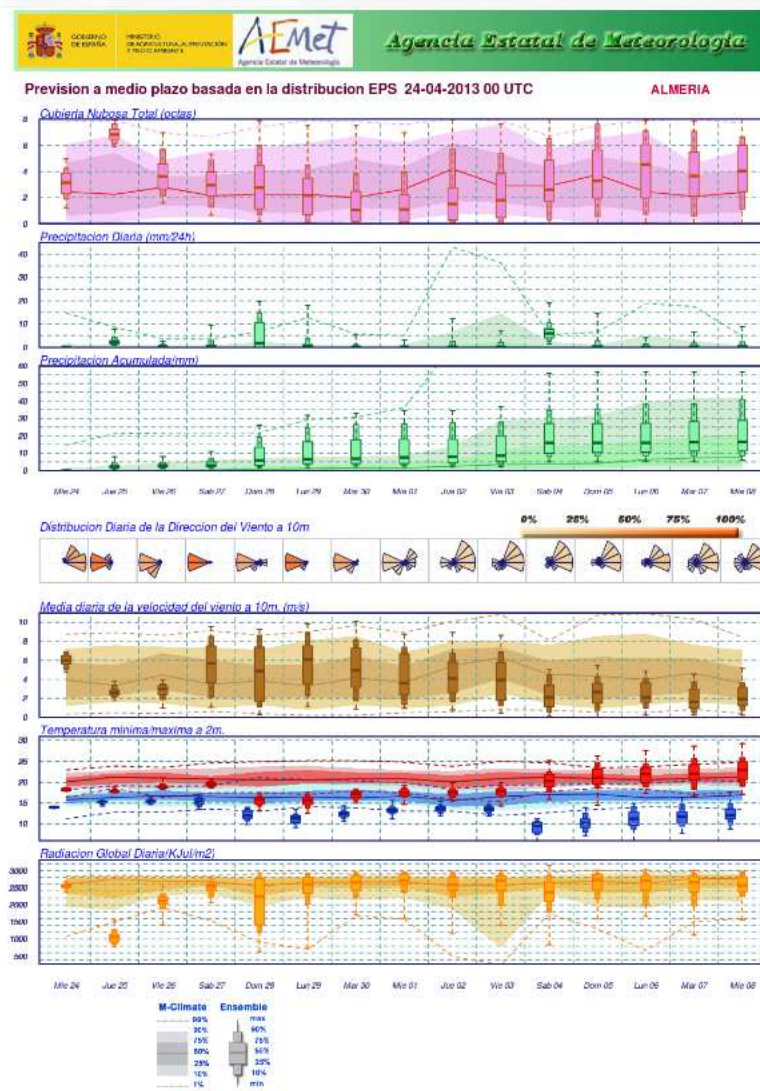
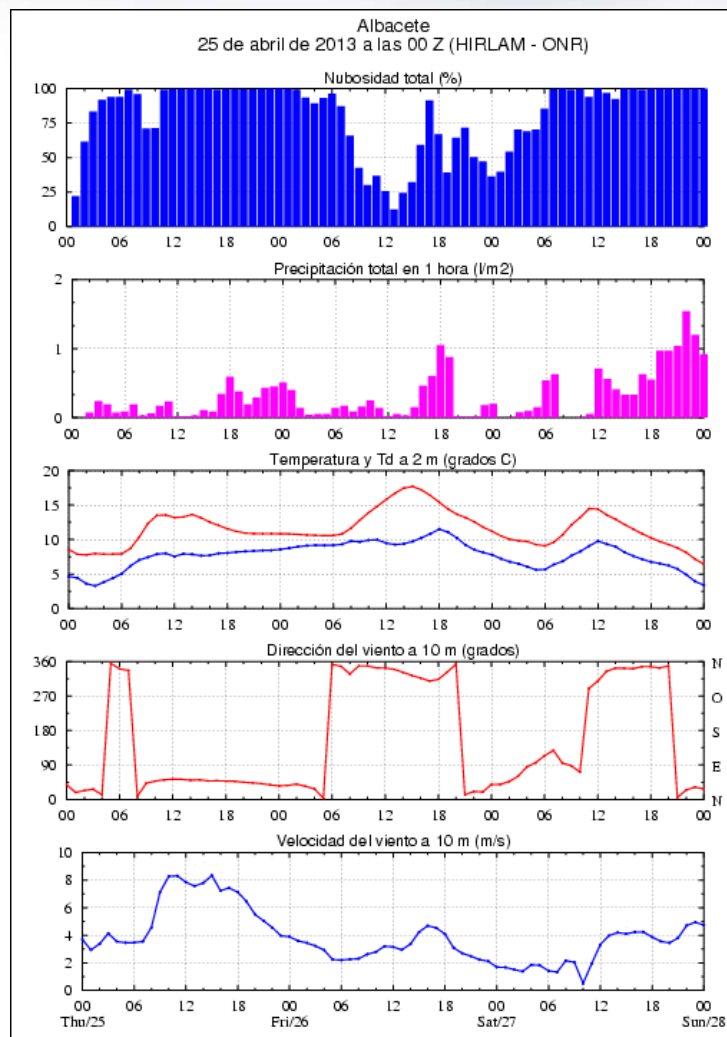


BDDP (0.05) 20130424 a 12 UTC. H+084. Validez: Domingo, 28 de abril de 2013, a 00 UTC.
Nieve
En las 24 horas anteriores



Predicciones puntuales: Meteograma y EPSgramas

Predicciones puntuales basadas en modelos deterministas y probabilistas: HIRLAM y EPS-CEPMP



Productos experimentales de predicción

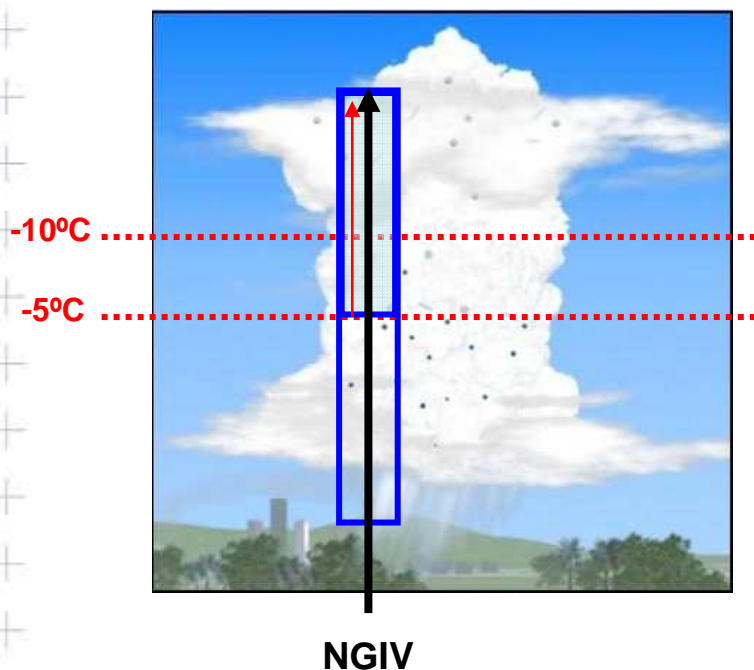
- Rayos (proyecto ya en marcha)
- Granizo (proyecto)

Basados en postproceso de HARMONIE 2.5 km

Su pronóstico experimental se basa en la predicción del **granizo blando integrado verticalmente**, NGIV: buenos resultados pero con algunas falsas alarmas para rayos

Necesidad de ajustes con datos reales:

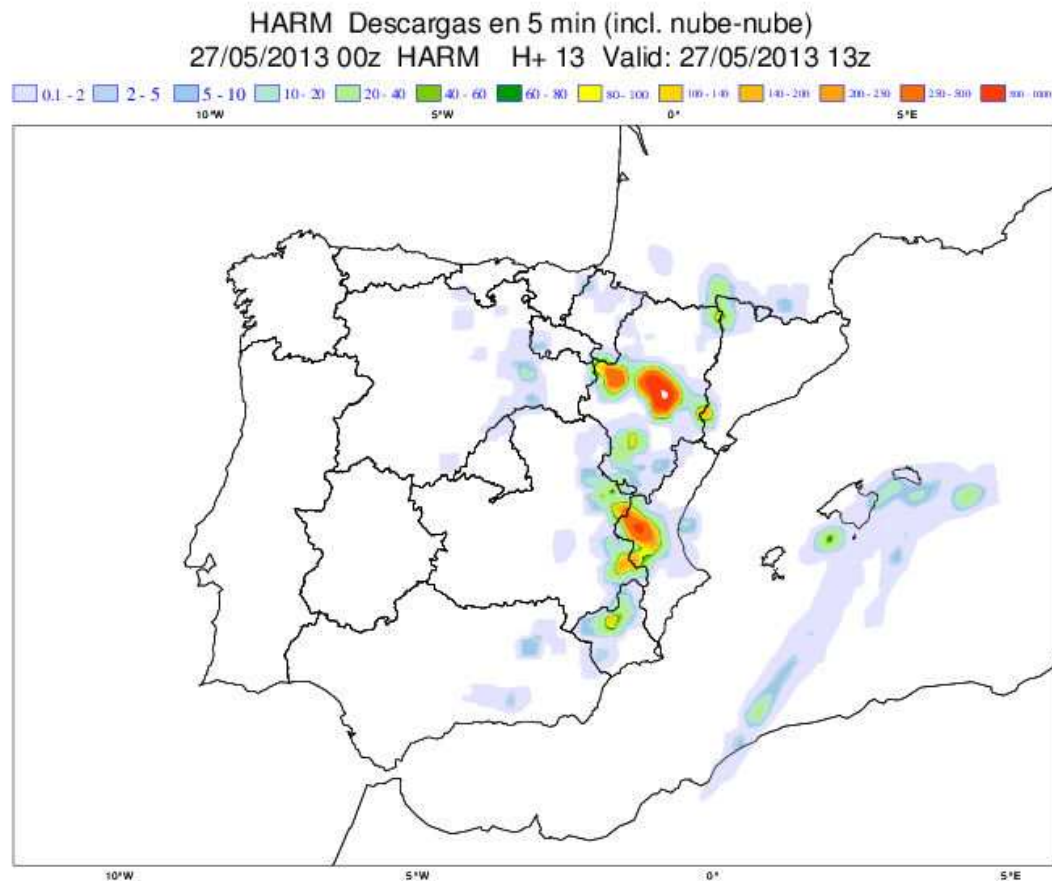
- Rayos-AEMET
- Información de retorno del granizo: seguros agrarios, campañas antigranizo, etc. **No se dispone.**



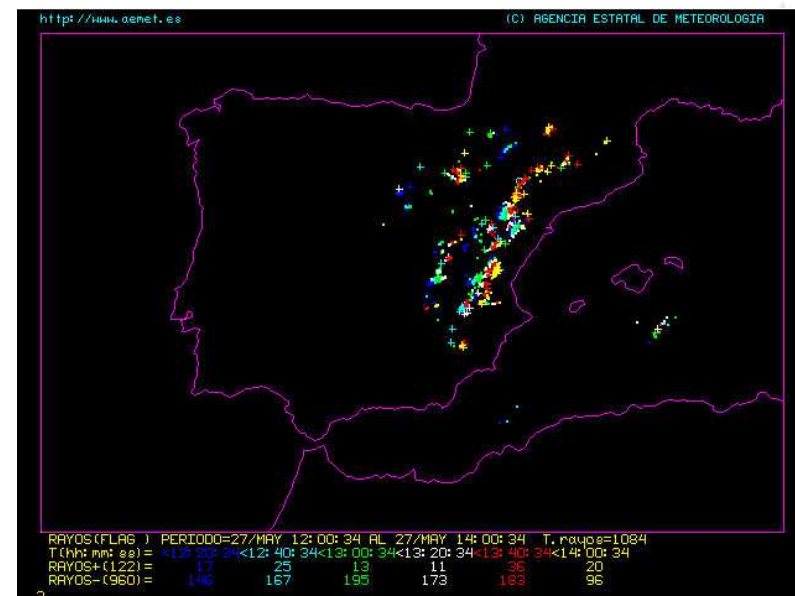
PRINCIPIOS: Análisis de la microfísica de las nubes del modelo

- Nubes convectivas
- Se investiga la fase sólida de la nube: **granizo blando**, cristallitos de hielo y nieve
- Para cada punto se calcula la nieve granulada integrada vertical (NGIV) instantánea y máxima en 1h:
 - Total en la columna (NGIV)
 - Por tramos: -5°C , -10°C , ... (NGIV_N)
- Ajustes con datos de redes o de superficie

Productos experimentales: Rayos (27 mayo 2013)



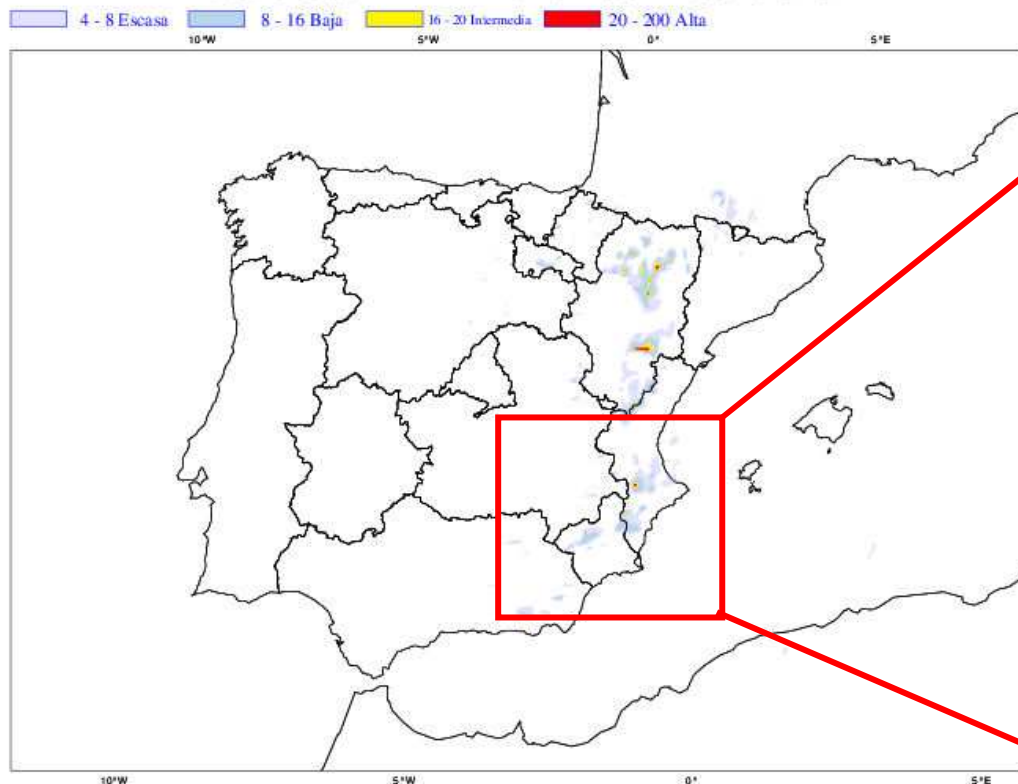
Estimación de las descargas



Distribución temporal de rayos
12-14 UTC

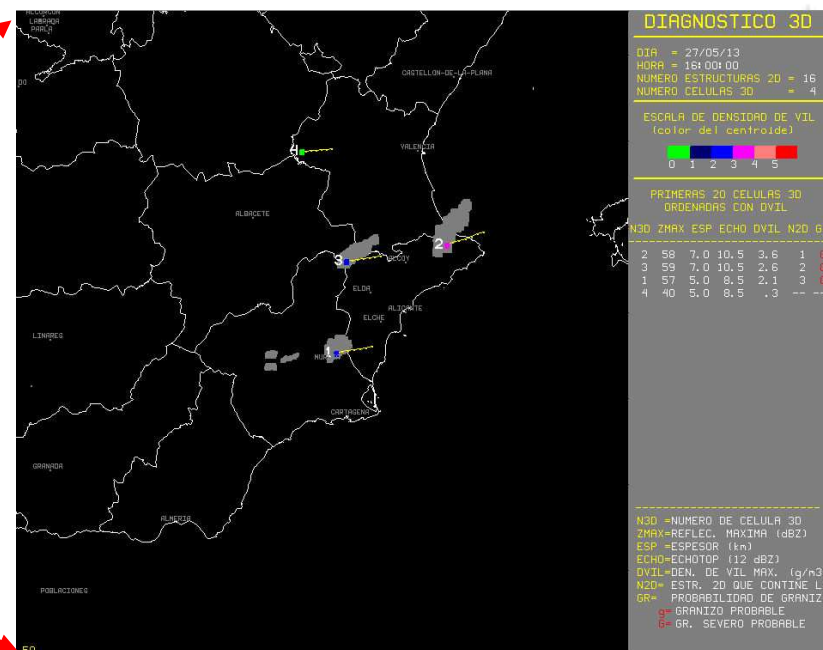
Productos experimentales: Granizo (27 mayo 2013)

HARM Prob. granizo (Graupel integrado vert.)
27/05/2013 00z HARM H+ 15 Valid: 27/05/2013 15z



**Estimación de la
probabilidad de granizo**

**No se disponen de datos de
granizadas en tiempo real**



**Estimación radar de
células convectivas con
granizo**

Conclusiones

- Los modelos atmosféricos, y sus predicciones deterministas y probabilistas, son las herramientas fundamentales para pronosticar variables meteorológicas de utilidad en el sector agrario.
- AEMET dispone de un conjunto de los mejores modelos numéricos operativos dentro de consorcios supranacionales.
- Adaptaciones y aplicaciones locales a medidas son requeridas para predicciones y toma de decisiones más finas de ciertas variables.
- La BDDP constituye una de las principales fuentes de información meteorológica de variables de superficie para usuarios externos (sector agrario).



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

